



イメージングプレートを用いたIVR時の空間線量及び被ばく線量評価法の確立

著者	大内 浩子
URL	http://hdl.handle.net/10097/39711



イメージングプレートを用いた IVR 時の空間線量及び
被ばく線量評価法の確立

課題番号 15510038

平成 15 年度～平成 17 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）
研究成果報告書

平成 18 年 4 月

研究代表者 大内 浩子
(東北大学大学院薬学研究科 助手)

イメージングプレートを用いた IVR 時の空間線量及び
被ばく線量評価法の確立

課題番号 15510038

平成 15 年度～平成 17 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）
研究成果報告書

平成 18 年 4 月

研究代表者 大内 浩子
(東北大学大学院薬学研究科 助手)

はしがき

イメージングプレート (Imaging Plate, IP) は、輝尽性ルミネセンス (Photo-Stimulated Luminescence : PSL) 特性を持つ BaFBr:Eu²⁺ 結晶を蛍光体とする二次元放射線分布測定器である。広いダイナミックレンジを有し、発光量と放射線量との間の直線性が良いなどの特長をもつため、2 次元イメージャーとして様々な分野で広く利用されている。IP にはフェーディングと呼ばれる放射線照射後の時間経過とともに発光量が低下する退行現象が生じるため、積算型線量計としての応用開発はほとんど行われてこなかったが、照射後の IP にアニーリング (加熱) 処理を施すことにより、フェーディングの影響を最小限にする放射線量の絶対測定法が著者により確立され、積算型線量計としての使用が可能になった。

さらに、本研究では、IP を大線量被ばく用線量計として応用開発し、Interventional Radiology (IVR) 術技時の患者被ばく線量及び空間線量評価法の確立を目的として以下を遂行した。

IVR 術技は、X 線透視下で対象とする病巣や治療部位を特定し、目的とする血管へ選択的にカテーテルを挿入し、モニタしつつ治療や診断を行う手技である。手術に比較して侵襲度の少ない治療法であるため近年広く用いられている。しかし、カテーテルの先端を目的部位に誘導するためには、高線量率の透視が長時間に及ぶこともあり、目的部位が限られているために同一部位が照射され、撮影も頻回に及ぶ。しかも経過観察、再発時と繰り返し IVR 術技を受けるケースも多いため、X 線入射部位に確定的影響である皮膚障害が生じるほどの線量が照射されることがあり、日本でも患者の皮膚障害例が散見するようになった。このような確定的影響の発現を防止するためには、患者の入射皮膚線量の測定が必須である。そこで、熱ルミネセンス線量計 (TLD) と同様に広いダイナミックレンジをもつ積算型線量計として使用でき、かつ、二次元の詳細な放射線量分布をデジタル画像として提供できるという特長を持つ IP を用いて、IVR 術技中の患者入射皮膚線量 (entrance skin dose, ESD) マッピング法への応用開発を行い、臨床例での ESD 測定を試みた。

また、IVR 術技では、患者の身体を主な散乱体として散乱 X 線が生じ、患者への照射線量が多くなればなるほど術者や医療スタッフの被ばく線量も増加す

る。医療従事者への被ばくを軽減するためには IVR 室内の適切な箇所で散乱 X 線の空間線量測定を行うことが重要である。IVR 施術を頻繁に施行している心カテーテル室での散乱 X 線の空間線量測定を、IP により試みた。

得られた結果を以下に示す。

(1) 大線量被ばく用線量計としての応用開発

大線量下で使用され、市販読取り装置では上限をオーバーする IP を読み取ることのできる簡便な 2 つの方法、セロハン法とアニール法を開発した。最初にセロハン法で読み取ることにより、被ばく後短時間で暫定的な線量の概算値を知ることができ、その後アニール法で読み取ることにより、積算型線量計としてフェーディングの影響を最小限にした正確な線量評価を行うことができる。本法により、測定上限を通常の読取り法より 5~6 桁大線量側に延ばすことができ、X 線（実効エネルギー：約 33keV）に対して、BAS-TR（富士写真フイルム（株）社製）のダイナミックレンジの上限は 100Gy 程度、直線性は 10Gy あたりまでであることを明らかにした。BAS-TR の X 線に対してのダイナミックレンジは、通常の読み取り方法と併せて $1\mu\text{Gy}$ ~100Gy と 8 桁に及び、これは、IVR 術技中の患者被ばく線量測定に十分なレンジである。

また、 $100\mu\text{Gy}/\text{min}$ ~ $3.73\text{Gy}/\text{min}$ の間で線量率を変えて X 線の照射を行ったが、線量率が変化しても、IP の飽和近辺以外、フィッティングした関数はすべて傾きがほぼ 1 であり、線量率依存性は認められなかった。IVR 術時には透視レベルから撮影時レベル、特に DSA（Digital Subtraction Angiography）レベルで線量率が大きく変化する。このような場に対しても十分に対応できることがわかった。

(2) 患者入射皮膚線量（entrance skin dose, ESD）マッピングのための基礎検討

IP の線質特性及び方向特性についての検討を行った。2 種類の IVR 用 X 線装置 KX0-2050（東芝メデイカル社、フィルター；1.1mmAl+ 0.03mmTa）及び KX0-100G（東芝メデイカル社、フィルター；2.6mmAl）で BAS-TR を on phantom で照射し、線質特性を調べた。管電圧 60~120kV の間で KX0-2050 では 13%の、KX0-100G では 33%の差が認められ、正確な線量評価を行うには、術技中の平均管電圧を求めることが必要であることがわかった。また、IP 面に対し X 線入

射角度を -90° \sim $+90^{\circ}$ の範囲で 15° 間隔で変化させ管電圧 60, 80, 100 及び 120kV について方向特性を調べた。 -90° , $+90^{\circ}$ の IP 面と入射 X 線ビームが平行になるときを除いて $\pm 75^{\circ}$ までは、いずれの管電圧でも入射角度による有意差は認められなかった。

(3) 臨床例での ESD 測定

BAS-TR (20 cm x 40 cm) を 2 枚つないで患者背中に敷き肝動脈造影例での測定を行い、ESD 線量分布図を作成した。Peak skin dose 領域が明確に示されており、最大皮膚吸収線量は 447mGy と評価された。

しかし、患者背中に検出器を置く方法では、X 線管が回転して体側から照射されたとき適正な線量評価ができない。そこで、IP を挿み込むコルセットを製作し、患者の身体に沿わせることで体側での geometric error を最小限にし、正確な線量評価を試みた。同時にガラス線量計 (Dose Ace; 旭テクノグラス (株), GD-302M) による測定を行い、両者の値の比較検討を行った。

肝細胞がん (hepatocellular carcinoma, HCC) 患者への TAE (肝動脈塞栓術、transcatheter arterial embolization) 及び経皮的冠動脈形成術 (Percutaneous coronary intervention, PCI) での測定例で、同位置での IP とガラス線量計による ESD 線量評価値は広いレンジにわたり良い相関を示していたが、ほぼすべての箇所で ガラス線量計による評価値の方が小さい値を示していた。両者の差の原因は、散乱線に対しての両線量計の方向依存性の差によるものと考えられる。IP は診断用低エネルギー X 線に対して方向依存性がないのに対し、ガラス線量計では長軸方向からの入射放射線に対し低エネルギーになるほどレスポンスが低下する特性をもつ。

(4) IP を用いた IVR 術技時の空間線量測定法の開発

BAS-MS (富士写真フイルム (株) 社製) を用いて、IVR 施術を頻繁に施行している心カテーテル室での散乱 X 線の空間線量測定を試みた。厚さの異なる 3 種類の金属フィルター (アルミニウム、銅、カドミウム) を用いて、実効エネルギー 30 \sim 120keV の X 線に対する IP の応答を調べ、3 種類の金属フィルターそれぞれへの IP の感度に、重みを乗じて加えることにより、線量当量当たりの感度がエネルギーに依存しないフラットレスポンスを作成した。これにより IVR 術技時のエネルギーレンジ内では散乱線のエネルギー情報を必要とせず空間線量の算出が可能になった。アニーリング処理及びフラットレスポンスを用いて心カテーテル室内の数箇所における一定期間の空間線量を測定・評価した結果、

広い線量のレンジにわたって空間線量測定を行えることが示された。

本研究では、IP を大線量被ばく用線量計として応用開発し、IVR 術技中の ESD マッピング法を確立して臨床例での測定を試みた。IVR では治療部位を多方向から観察するために X 線管-イメージインテンシファイアーが回転し照射野が変化する。患者の被ばくで最も重要なポイントは IVR 手技中に最大線量を受ける部位の皮膚の吸収線量であるが、二次元型検出器である IP を用いたマッピング法は、照射野の重なり位置や、放射線障害の生じるおそれのある場所の決定を可能にし、hot spots を確実に検出できる測定法として利点があることがわかった。さらに、患者体側に沿わせることで、X 線管が回転し照射野が変化しても方向依存性がなく、広いレンジにわたって正確な線量を測定できる方法であるため、本法は確定的影響の指標として使用できる優れた測定方法であることが示された。

また、金属フィルターをつけた IP を用いることで、散乱線のエネルギー情報を必要とせず空間線量の算出が可能であり、IVR 室内の任意の箇所又は期間での散乱 X 線による空間線量測定を簡便に行えることが示された。

本研究により IVR 術技における大線量用積算型線量計としての IP の有用性が明らかにされた。

研究組織

研究代表者 大内 浩子 (東北大学大学院薬学研究科 助手)

研究分担者 山寺 亮 (弘前大学医学部保健学科 教授)
(平成 15 年度のみ)

交付決定額 (配分額)

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合 計
平成 15 年度	1,900	0	1,900
平成 16 年度	1,300	0	1,300
平成 17 年度	600	0	600
総 計	3,800	0	3,800

研究発表

(1)学会誌等

1. Hiroko Ohuchi, Norimichi Juto, Toshimitsu Satoh, Yoichi Eguchi, Mamoru Baba, *Imaging Plate as a Dosimeter for Estimating Ambient Dose Equivalent of Scattered Radiations in a Diagnostic X-ray Room*, **Radioisotopes**,56(7), 2006 (in print)
2. Hiroko Ohuchi, Toshimitsu Satoh, Yoichi Eguchi and Keiji Mori, *Preliminary study of using imaging plates to map skin dose of patients in interventional radiology procedures*, **Rad.Protec.Dosim.**117(4)432-439,2005
3. 保田浩志、寿藤紀道、小林育夫、大内浩子, フォトルミネッセンス線量計のフロンティア, **保健物理** 40(2)157-164,2005
4. Hiroko Ohuchi and Akira Yamadera, *Application of imaging plates to cumulative dose meter for high x-ray radiation fields*, **J.Nucl.Sci.Tech.**,Suppl.4:140-143,2004
5. Hiroko Ohuchi, Akira Yamadera and Mamoru Baba, *Measurement of low-level radioactive liquid waste with imaging plates*, **J.Nucl.Sci.Tech.**,Suppl.4:196-199,2004
6. Hiroko Ohuchi, Akira Yamadera and Mamoru Baba, *A new passive dose meter using an imaging plate and annealing*, **Radioisotopes**,53:115-122,2004
7. 大内浩子, 山寺 亮, 大線量被ばく用線量計としてのイメージングプレートの応用開発, **保健物理** 39:198-205,2004
8. Hiroko Ohuchi, Akira Yamadera and Mamoru Baba, *Development of a new passive integral dose meter for gamma ray monitoring using an imaging plate*, **Rad.Protec.Dosim.**,107:239-246,2003

(2)口頭発表

1. 大内浩子、佐々木 隆、馬場 護、佐藤俊光、江口陽一、加賀勇治、荒井 剛、森 啓司:イメージングプレートを用いた IVR 術技における患者皮膚線量の測定, 日本放射線安全管理学会第 3 回学術大会, 2005. 11. 24
2. H.Ohuchi, N. Juto, T. Satoh, Y. Eguchi, T. Sasaki, and M. Baba:Estimating Effective Energies and $H^*(10)$ of Scatters in a Diagnostic X-ray Room Using Imaging Plates, The Third iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-3),2005.7.27-28
3. 大内浩子、佐藤俊光、江口陽一、森 啓司: イメージングプレートを用いた IVR 術技における患者皮膚線量の測定, 第 42 回アイソトープ・放射線研究発表, 2005. 7. 8
4. 大内浩子、佐藤俊光、寿藤紀道:イメージングプレートによる IVR 室内散乱エックス線のエネルギー及び空間線量測定, 日本放射線安全管理学会第 3 回学術大会, 2004. 11. 19
5. 大内浩子、佐藤俊光、江口陽一、森 啓司:イメージングプレートによる IVR 時の患者被ばく線量マッピング法の開発, 日本放射線安全管理学会第 3 回学術大会, 2004. 11. 19
6. 大内浩子:受動型積算計としてのイメージングプレートの応用開発～ IVR時の患者被ばく線量マッピング法への応用, Radioluminography 研究会, 2004. 10. 15
7. H. Ohuchi, A. Yamadera, T.Satoh, Y.Eguchi : Improved Imaging Plate Dosimetry for X-rays in Interventional Radiology, 11th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-11),2004.5.23-28
8. 大内浩子:積算型線量計のフロンティア: イメージングプレート, 第 37 回日本保健物理学会, 2004. 4. 23

9. 大内浩子、佐藤俊光、江口陽一、山寺亮:イメージングプレートによる IVR 時患者被ばくの線量評価～基礎的検討～, 第 37 回日本保健物理学会, 2004. 4. 23

10. 大内浩子、山寺 亮、森 啓司:IVR におけるイメージングプレートによる患者被ばく線量評価法の開発, 日本放射線安全管理学会第 2 回学術大会, 2003. 12. 4

11. 佐藤俊光、大内浩子:二次元分布法による IVR 時の患者皮膚被ばく線量評価, 日本放射線安全管理学会第 2 回学術大会, 2003. 12. 4

12. H.Ohuchi and A.Yamadera:Application of Imaging Plates to Cumulative Dosemeter for High X-ray Radiation Fields, The Second iTRS International Symposium On Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-2),2003.7.24-25

(3)出版物 なし

研究成果による工業所有権の出願・取得状況 なし

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。